

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08213712 A**

(43) Date of publication of application: **20.08.96**

(51) Int. Cl

H01S 3/18
H01L 33/00

(21) Application number: **07294592**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(22) Date of filing: **13.11.95**

(72) Inventor: **TEIMOSHII DEEBITSUDO**
BESUTOUITSUKU

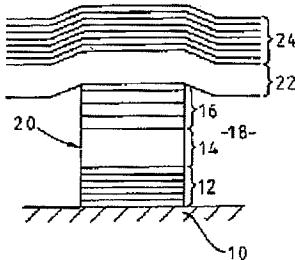
(30) Priority: **14.11.94 GB 94 9422950**

**(54) RESONATOR OPTICAL DEVICE AND
MANUFACTURE OF THE SAME**

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve conductivity by forming a spacer region consisting of a transparent oxide having conductivity.

CONSTITUTION: An oxide spacer region 22 is provided between an upper mirror 24 and an active layer 16. It is also possible to provide an upper and a lower mirrors 24, 12 so that further spacer region 14 can be provided between the active region 16 and lower mirror 12. A transparent oxide having conductivity may be a tin-doped indium oxide (ITO) or doped GaInO material. The doped GaInO material shows good transparency in the entire part of the optical region and therefore it is superior to ITO in the point that it is possible to be used suitably for wider range of the wavelength of the emitted light. Conductivity can also be improved by forming a spacer region 22 consisting of a transparent oxide having conductivity.



COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) **公開特許公報 (A)**

(11)特許出願公開番号

特開平8-213712

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 S 3/18
H 01 L 33/00

識別記号 庁内整理番号

A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 O.L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-294592

(22)出願日 平成7年(1995)11月13日

(31)優先権主張番号 9422950.7

(32)優先日 1994年11月14日

(33)優先権主張国 イギリス(GB)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 ティモシー デービッド ベストウィック
イギリス国 オックスフォード オーエッ
クス2 7ビーディー, オークトープ ロ
ード 45

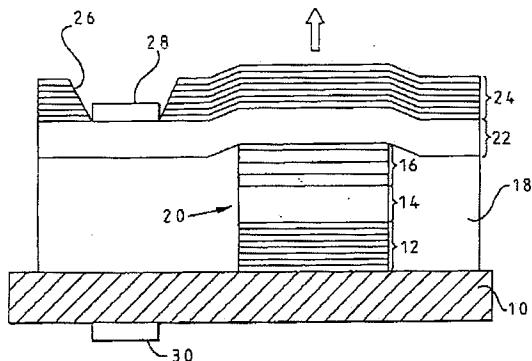
(74)代理人 弁理士 山本 秀策

(54)【発明の名称】 共振器光学装置およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】出力効率の高い共振器光学装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】垂直共振器面発光型などのレーザ共振器光学装置であって、プラグ反射型多層下部ミラーが形成された基板と、半導体下部スペーサ領域と、活性領域と、下部ミラーおよび活性領域ならびに下部スペーサ領域を囲む誘電体領域とを有する。上部スペーサ領域および上部ミラーが活性領域上に設けられている。上部ミラーは、金属端子が設けられた開口部を有している。端子は、例えはインジウム錫酸化物などの透明かつ導電性を有する酸化物から形成されている上部スペーサ領域と直接接觸している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性領域と、スペーサ領域と、該スペーサ領域を介して該活性領域と電気的に接続された電気的端子とを有する共振器光学装置であって、該スペーサ領域は、透明かつ導電性を有する酸化物からなる共振器光学装置。

【請求項2】 前記電気的端子は前記酸化物からなるスペーサ領域に結合されている請求項1に記載の装置。

【請求項3】 前記透明かつ導電性を有する酸化物は、錫ドープされたインジウム酸化物、アンチモンドープされた錫酸化物、フッ素ドープされた錫酸化物、および透明かつ導電性を有し、GeおよびSnからなる群から選択される少なくとも1つのドーパントでドープされたGaInO₃からなる群より選択される、請求項1に記載の装置。

【請求項4】 上部および下部ミラーを更に有し、前記酸化物からなるスペーサ領域は該上部ミラーと前記活性領域との間に位置し、更なるスペーサ領域が該活性領域と該下部ミラーとの間に設けられている、請求項1に記載の装置。

【請求項5】 前記上部ミラーは誘電体からなる多層ミラーであり、前記電気的端子は前記酸化物からなるスペーサ領域に結合されている、請求項4に記載の装置。

【請求項6】 前記装置は上面発光型垂直共振器レーザである、請求項4に記載の装置。

【請求項7】 前記装置は下面発光型垂直共振器レーザである、請求項4に記載の装置。

【請求項8】 前記装置は共振器発光ダイオードである、請求項1に記載の装置。

【請求項9】 前記活性領域は光子バンドギャップ構造を有している、請求項1に記載の装置。

【請求項10】 少なくとも前記活性領域および前記酸化物からなるスペーサ領域がポスト構造によって規定され、該ポスト構造は誘電体材料によって囲まれている、請求項1に記載の装置。

【請求項11】 前記上部ミラーは少なくとも1つの金属層を包含する、請求項4に記載の装置。

【請求項12】 複数の共振器光学装置を有するアレイであって、各装置は活性領域と、スペーサ領域と、該スペーサ領域を介して該活性領域と電気的に接続された電気的端子とを有する共振器光学装置であって、該スペーサ領域は、透明かつ導電性を有する酸化物からなっており、該装置はイオン注入によって互いに電気的に隔離されているアレイ。

【請求項13】 共振器光学装置を製造する方法であって、下部スペーサ領域と、活性領域と、透明かつ導電性を有する酸化物からなる上部スペーサ領域と、該上部スペーサ領域を介して該活性領域に接続された電気的端子とを基板上に形成する工程を含む方法。

【請求項14】 前記電気的端子は前記上部スペーサ領域上に形成されている、請求項13に記載の方法。

【請求項15】 前記下部ミラーは、前記基板と前記下部スペーサ領域との間に設けられ、上部ミラーが前記上部スペーサ領域の上に設けられる、請求項13に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、共振器(resonant cavity)光学装置に関し、特に垂直共振器面発光レーザ(vetical cavity surface emitting laser)(VCSEL)または共振器発光ダイオード(resonant cavity light emitting diode)、共振器垂直型光学装置(resonant-cavity vertical optical device)に関する。これらの装置は、光通信、光並列処理、データ記憶およびディスプレイ等の様々な応用において有用である。

【0002】

【従来の技術】典型的には、VCSELは、発光源となる活性領域と、活性領域の上下に位置する上下ミラーと、活性領域と上下ミラーの各々との間に位置するスペーサ領域とを有する。スペーサ領域は、光学的に透明であり、ミラーとともに、光学共振器の必要な長さを規定する機能を有する。この必要な長さとは、レーザによって発生される光の半分の波長の整数倍に設定される。このような光学共振器構造は通常、(Al, Ga)Asまたは(Al, Ga)(In, P)などの半導体材料からエピタキシャル成長される。ミラーも同様に半導体材料からエピタキシャル成長してもよく、また、ブレグ反射器(DBR)などの金属または誘電体多層構造から構成されていてもよい。このようなVCSELは、Journal of Quantum Electronics, vol 27, No. 6, 1991年6月、第1332~1346頁に典型的に開示されている。VCSELの層構造は、例えばGaAsなどの半導体基板上に形成され、上部発光型(top emitting)として構成しても、下部発光型(bottom emitting)として構成しても良い。このようなVCSELにおいては、活性領域の電流供給を、上下の電極を介して、電流がミラーおよびスペーサ領域中を流れるように実現することが通常である。このことにより、導電性は比較的の低くなる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】VCSELが本来固有に低い光学的量子効率を有することは、このような低導電性とあいまって、低出力効率を招く。これは、薄い活性領域を有するVCSELにおいて特に問題となる。なぜなら、そのシングルパス光学利得は約1%以下であり、レーザ発振を実現するためには非常に高い反射率を有するミラーを必要とするためである。これは通常、2

0～30対もの交互に繰り返す高低の屈折率を有する半導体層を含むことが可能であるDBRミラーを用いることによって達成されるが、これは、低導電性の問題を悪化させる。

【0004】この問題を緩和するための試みが、米国特許第5245622号に開示されている。この特許は、層構造の電極を少なくとも上部ミラーと上部スペーサ部材との間に設け、電流を活性領域に導通させることによってレーザ発振を得ている。この構造は、電流を少なくとも上部ミラーに通す必要を無くす。しかし、この方法での問題は、4つもの追加的な層を各電極に対して設けることが必要である点である。また、このような層は光学共振器(optical cavity)の一部を規定するため、非常に高い光学的透明度を必要とし、非常に正確な厚さを有さなければならない。米国特許第5245622号においては、このような電極層は典型的には高ドープのAlGaAs層および低ドープのInGaP層を有する。

【0005】米国特許第5115441号は、中心孔を有する誘電体層が上部多層ミラー上に設けられており、金属バリア層が誘電体層上に位置しているが中心孔を介してミラーと電気的に接続している、VCSELを開示している。光学的に透明な半導体材料からなる層が金属バリア層全体に設けられ、レーザの上部電極を形成する。光学的透明層は、 1×10^3 から $1 \times 10^5 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ の導電性を有し、少なくとも80%の光透過率および10%未満の光吸収率を有する。カドミウム錫酸化物(admium tin oxide)およびインジウム錫酸化物(indium tin oxide)が、このような上部電極を形成する光学的に透明な半導体材料層の例として記載されている。VCSELにおいて、インジウム錫酸化物を使用して上部および下部コンタクトを上部ミラーおよび下部ミラーの上側と下側にそれぞれ形成することが、Matin、M. A.ら、Electronics Letters、1994年2月17日、vol. 30、第318～320頁に開示されている。しかし、このような構成においてもやはり、電流が上部ミラーおよび上部スペーサ領域を通過することが要求され、上記の低い導電性が問題となる。

米国特許第5266503号は、活性層が形成される様々な組成のアルミニウムガリウム砒素の異なる層のサンドイッチ構造からなっているVCSELを、開示している。実質的に、これらの層は、現在活性領域ならびに上部および下部スペーサ領域と呼ばれているものを規定している。レーザ発振効率を高めるために、米国特許第5266503号は、この活性層に酸素イオン注入を行うことにより絶縁領域を形成することを提案している。このことにより、電流の流れを層中の小さな領域に狭窄し、結果として小さな面積の活性領域を規定している。スペーサ層として機能する層は、ゆえにアルミニウムガリウム砒素層である。

【0006】上述したように、これまで、出力効率の高

い面発光レーザ等の共振器光学装置は得られていなかった。

【0007】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、出力効率の高い共振器光学装置およびその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の共振器光学装置は、活性領域と、スペーサ領域と、該スペーサ領域を介して該活性領域と電気的に接続された電気的端子とを有する共振器光学装置であって、該スペーサ領域は、透明かつ導電性を有する酸化物をからなり、そのことによって上記目的が達成される。

【0009】前記電気的端子は、前記酸化物からなるスペーサ領域に結合されていてもよい。

【0010】前記透明かつ導電性を有する酸化物は、錫ドープされたインジウム酸化物、アンチモンドープされた錫酸化物、フッ素ドープされた錫酸化物、および透明かつ導電性を有し、GeおよびSnからなる群から選択される少なくとも1つのドーパントでドープされたGaInO₃からなる群より選択されてもよい。

【0011】前記装置は、上部および下部ミラーを更に有し、前記酸化物からなるスペーサ領域は該上部ミラーと前記活性領域との間に位置し、更なるスペーサ領域が該活性領域と該下部ミラーとの間に設けられていてもよい。

【0012】前記上部ミラーは誘電体からなる多層ミラーであり、前記電気的端子は前記酸化物からなるスペーサ領域に結合されていてもよい。

【0013】前記装置は上面発光型垂直共振器レーザであってもよい。

【0014】前記装置は下面発光型垂直共振器レーザであってもよい。

【0015】前記装置は共振器発光ダイオードであってもよい。

【0016】前記活性領域は光子バンドギャップ構造を有していてもよい。

【0017】少なくとも前記活性領域および前記酸化物からなるスペーサ領域がポスト構造によって規定され、該ポスト構造は誘電体材料によって囲まれていてもよい。

【0018】前記上部ミラーは少なくとも1つの金属層を包含してもよい。

【0019】また、本発明の共振器光学装置アレイは、複数の共振器光学装置を有するアレイであって、各装置は活性領域と、スペーサ領域と、該スペーサ領域を介して該活性領域と電気的に接続された電気的端子とを有する共振器光学装置であって、該スペーサ領域は、透明かつ導電性を有する酸化物からなっており、該装置はイオン注入によって互いに電気的に隔離されており、そのことによって上記目的が達成される。

【0020】また、本発明の共振器光学装置の製造方法は、下部スペーサ領域と、活性領域と、透明かつ導電性を有する酸化物からなる上部スペーサ領域と、該上部スペーサ領域を介して該活性領域に接続された電気的端子とを基板上に形成する工程を含み、そのことによって上記目的が達成される。

【0021】前記電気的端子は前記上部スペーサ領域上に形成されていてもよい。

【0022】前記下部ミラーは、前記基板と前記下部スペーサ領域との間に設けられ、上部ミラーが前記上部スペーサ領域の上に設けられてもよい。

【0023】

【発明の実施の形態】我々は、上記の低導電性の問題は、共振器光学装置のスペーサ領域の少なくとも1つ、好ましくは上部スペーサ領域を、透明かつ導電性を有する酸化物を用いて形成するという比較的容易な方法で解決されまたは緩和され得ることを見いだした。従つて、本発明の1つの局面によれば、活性領域、スペーサ領域、および酸化物スペーサ領域によって活性領域に電気的に接続された電気的端子とを有する共振器光学装置が提供される。スペーサ領域は、透明かつ導電性を有する酸化物から形成される。

【0024】ここで、「透明」とは、装置の発光波長において透明であることを意味する。装置は、酸化物スペーサ領域が上部ミラーと活性領域との間に設けられ、更なるスペーサ領域が活性領域と下部ミラーとの間に設けられるように、上部および下部ミラーを有していても良い。電気的端子は、酸化物と結合されていてもよい。このような構成において、上部ミラーは誘電性多層ミラーであってもよい。装置は、上面発光または下面発光型レーザであってもよい。また、装置は、共振器発光ダイオードであってもよい。

【0025】上記透明かつ導電性を有する酸化物は、錫ドープのインジウム酸化物(ITO)、アンチモンドープの錫酸化物(ATO)または、フッ素ドープの錫酸化物(FTO)あるいは、Cava、R. J. ら、Phys. Lett. 64 (16) 1994年4月18日、第2071~2072頁に開示されるように、ドープされた GaInO_3 材料であってもよい。この文献中において、 $\alpha\beta\text{Ga}_2\text{O}_3$ を用いた層材料である GaInO_3 を、酸素欠乏の導入を通じて電子ドーピングすること(I nに対してS nドーピングまたはG aに対してG eドーピングする)が開示されている。このようなドープされた GaInO_3 材料は、光学領域全体にわたって良好な透明度を示し、従つて広範囲の発光波長での使用に好適である可能性を有している点において、ITOに対して有利である。

【0026】本発明の別の局面によれば、共振器光学装置を製造する方法が提供される。この方法は、基板、下部スペーサ領域、活性領域、透明かつ導電性を有する酸

化物からなる上部スペーサ領域、および酸化物スペーサ領域を介して活性領域に電気的に接続された電気的端子を形成することを包含する。

【0027】電気的端子は、上部スペーサ領域上に形成されてもよい。

【0028】面発光型レーザを製造するために、基板と下部スペーサ領域との間に下部ミラーが設けられる。上部ミラーが上部スペーサ領域より上に設けられる。

【0029】「上部」「下部」「上側」「下側」という表現は、上記領域が形成された基板に対する各領域の場所を表している。

【0030】上部および下部ミラーは好ましくは、高低の屈折率を有する多数の半導体材料層が設けられた多層分布型(distributed)プラグ反射器であり、各層の厚さは $\lambda/4\mu$ に等しい。ここで、 λ は装置の発光波長であり、 μ は半導体材料の屈折率である。典型的には、GaAsレーザの場合、半導体(例えばGaAsおよびAlAsなど)をミラーを形成するために用いる。電気的端子が導電性酸化物スペーサ領域と結合される場合は、上部ミラーは誘電体、好ましくは誘電体多層構造であってもよい。または、上部ミラーを少なくとも1つの金属層で構成してもよい。

【0031】活性領域は、電子および正孔が互いに結合してレーザ発光する領域であり、例えば(A1、Ga)Asなどの活性物質の層または帯を1つ以上有していても良い。この活性領域は、光子(photon)バンドギャップ構造を含んでいてもよい(Gerard, J. M. ら「Photonic Bandgap of Two-Dimensional Crystals」、Solid-State Electronics、vol 37、Nos 4~6、第1341~1344頁参照)。

【0032】好適な一態様においては、活性領域および少なくとも1つのスペーサ領域ならびに、場合によってミラーのうちの少なくとも一方をポスト構造(post structure)中に設けることによって、屈折率導波(refractive index waveguiding)を実現する。このような構成において、ポスト構造を、活性領域を形成する半導体よりも低い屈折率を有する絶縁材料——好ましくは熱伝導性材料である——によって囲ってもよい。このポスト構造の埋め込みにより、活性領域での非発光結合(non-radiative combination)に起因する表面損失を最小にし、光学共振器からの熱消散を改善し得る。

【0033】上記説明から、導波構造を有する光学装置のアレイを比較的簡単に形成でき、またこれら装置は、物理的な断絶(break)を近接する装置間に設けることによって、またはイオン注入技術を用いて電気的に隔離することにより、電気的に隔離され得ることが理解されるであろう。

【0034】以下に、本発明を実施例について図面を参考しながら説明する。

【0035】図1に基板10を示す。基板10上には、以下の層が順にエピタキシャル成長されている。すなわち、(a)分子線エピタキシーなどで形成された半導体多層分布型ブレグ反射器下部ミラー12と、(b)例えばn-ドープのAlGaAsからなる半導体下部スペーサ領域14と、(c)例えばGaAs/AlGaAsが交互に繰り返す4つの層からなる、多層量子井戸活性領域16とである。

【0036】更なる製造を容易にするため、図1に示す構造は、薄く光学的に透明な「エッチストップ」層(不図示)で終わっていてもよい。「エッチストップ」層は、次に透明かつ導電性を有する酸化物上部スペーサ領域22(図4を参照して下記に説明)を形成する層とのオーミック接触を形成するために、強くドープする必要がある場合がある。これに続き、図1の構造をバターニングし、従来技術のリソグラフィーおよびエッチングを用いてポスト構造20(図2参照)を形成する。得られたポスト構造は、次に、絶縁誘電体層18中に埋め込まれる。絶縁誘電体層18はそれ自体公知の技術を用いてエッチバックすることにより「平面化」され、光学共振器の上部が現れるようにし、絶縁誘電体層18がポスト20を囲んでいる状態にする。この層18は、シリコン酸化物などの誘電体材料から形成され得る。しかし、例えばダイヤモンドのような比較的良好な熱伝導体である電気的絶縁物で形成してもよい。なぜなら、このような材料は、使用中の装置における光学共振器から離れる方向への熱伝導を良くするからである。

【0037】これに引き続き、透明かつ導電性を有する酸化物の上部共振器22および上部ミラー24を順にポスト20および誘電体層18上に堆積する(図4)。上部スペーサ領域22は、例えばLee S. B.ら(J. Vac. Sci. Technol. A11(5)1993年9月/10月、第2742~2746頁に開示されるように、室温スパッタ堆積プロセスにより形成される錫ドープしたインジウム酸化物からなる。上部ミラー24は、下部ミラー12と同様に、多層分布型ブレグ反射器ミラーであるが、半導体ではなく、誘電体であり、例えばシリコン酸化物およびシリコン窒化物の層が交互に繰り返す構造からなる。このようなシリコン酸化物およびシリコン窒化物の層が交互に繰り返す構造は、例えば反応性スパッタリング堆積によって形成される(Scherer A.ら、Electronics Letters 1992年6月18日、Vol.28、No.13、第1224頁以下参照。)または、(a)二酸化ケイ素および二酸化チタン、(b)アモルファスシリコンおよび二酸化ケイ素、または(c)二酸化ジルコニアムおよび二酸化ケイ素からなる層が使用可能である。

【0038】次に図5を参照して、図1~図4を用いて上述した工程によって製造される構造を用いて、上部ミラー24中に設けた開口部26の中に金属端子28を上

部スペーサ層22と接触するように設け、更なる電気的端子30を、強くドープされたGaAs材料などの半導体材料からなる基板20の下側に設けることによって、上部発光型VCSELを形成する。

【0039】図6の下部発光型VCSELは、図5のVCSELと同様な方法で形成される。ただし、領域14および16の上のみにリソグラフィーおよびエッチングを行い、下部ミラー12を形成する層を未エッチ状態で残すことによって、ポスト20を形成する。ポスト20と位置を揃えた開口部32を基板10に設けている。または、レーザーの発振波長において透明な材料で基板10を形成してもよい。

【0040】図5の上面発光型VCSELの典型例においては、基板10は市販されているn型GaAsから形成される。光学共振器は層厚み588nmであり、厚さ203nmのn⁺型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asの層14、厚さ50nmのn⁺型Al_{0.3}Ga_{0.7}As層(意図的にはドープしない)、厚さ8nmの単一GaAs量子井戸(意図的にはドープしない)、厚さ50nmのAl_{0.3}Ga_{0.7}As層(意図的にはドープしない)、厚さ80nmのp⁺型Al_{0.5}Ga_{0.5}As層(意図的にはドープしない)、および錫ドープした厚さ197nmの酸化インジウム層22からなる。酸化インジウムは約10%の酸化錫を含有し、Ar/O₂混合ガス中でスパッタ堆積を行うことにより形成される。下部ミラー12は、n⁺ドープされた構造であり、高低の屈折率を有する半導体層の組を20組有している。高屈折率層の各々は厚さ60.5nmであり、Al_{0.15}Ga_{0.85}Asから形成される。低屈折率層の各々は厚さ71.1nmであり、AlAsから形成される。上部ミラー24は、厚さ145.5nmの二酸化ケイ素層12層と、厚さ103.7nmの窒化シリコン層12層とが交互に繰り返して形成されている。絶縁誘電体層18は、約6.2μmの厚さを有し、プラズマ強化(plasma enhanced)化学気相蒸着プロセスにより堆積された二酸化ケイ素から形成される。端子28は、CrおよびAu層から形成される。端子30は、AuGe、NiおよびAu層から形成される。上記のVCSELと同様の方法でRCLED装置を作成することができる。ただし、誘電体層を数層上部ミラー中に堆積することにより、反射率は典型的には若干低めである。

【0041】上記の記載から、1つのリソグラフィー工程のみにより装置が規定され得ることが理解されるであろう。

【0042】上記図面を用いた説明では、1つの装置の製造のみを説明した。しかし、実用においては、VCSELまたはRCLEDの二次元アレイを一回の手順で形成し得ること、また、アレイ中の隣接するVCSELまたはRCLED間の電気的分離は、イオン注入または物理的な断絶(break)をスペーサ層22およびミラー層、

また適宜必要な層中に設けることによって実現されることが理解されるであろう。

【0043】

【発明の効果】上述したように、本発明によると、導電性のスペーサ層に電極を設けることにより活性層に電流を流すことができるので、上部ミラー層には反射効率の高い絶縁膜の組み合わせを用いることができ、高い出力光率を有する共振器光学装置およびその製造方法を提供する。本発明による共振器光学装置は、光通信、光並列処理、データ記憶およびディスプレイ等に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるVCSELの製造工程を示す図である。

【図2】本発明におけるVCSELの製造工程を示す図である。

【図3】本発明におけるVCSELの製造工程を示す図

である。

【図4】本発明におけるVCSELの製造工程を示す図である。

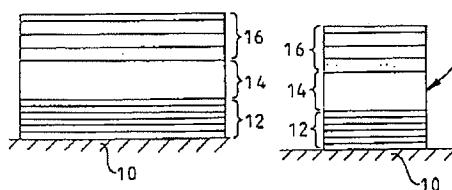
【図5】上面発光型VCSELの概略構成図である。

【図6】下面発光型VCSELの概略構成図である。

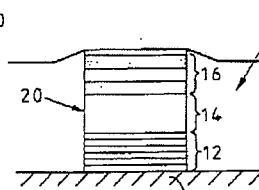
【符号の説明】

10	基板
12	下部ミラー
14	下部スペーサ領域
16	活性領域
18	絶縁誘電体層
20	ポスト構造
22	上部スペーサ領域
24	上部ミラー
26	開口部
28	電気的端子

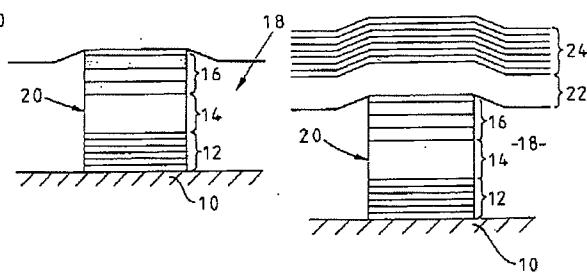
【図1】



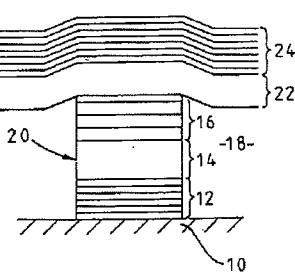
【図2】



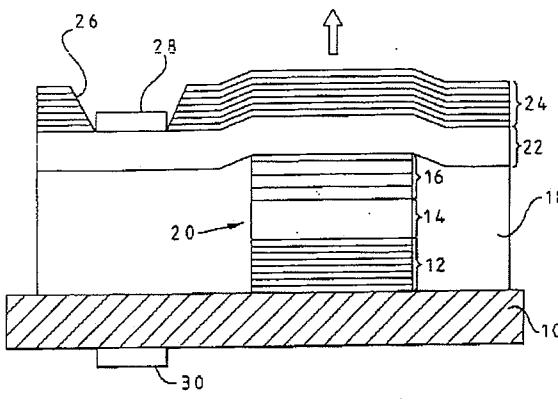
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

